

编 号: (80)006

出国参观考察报告

澳大利亚污水灌溉与有关
环境问题研究现况

科学技术文献出版社

前 言

根据中澳两国科学院有关协定,中国科学院污灌与环境考察组,于1979年4月22—5月19日,在澳大利亚进行了为期四周的专业考察,其中大部分时间(24天)在维多利亚州(Victoria State),一部分时间(4天)在南澳州(South Australia state)。我们先后参观访问的单位有:两个州的水资源及供水部(及其所属有关委员会),环境保持部(环保局所属机构包括在内),农业部,林业部(包括林业委员会),两个州的首都墨尔本(Melbourne)及阿达兰特(Adelaide)所属城乡各级污水处理系统(包括工厂,农、林、牧场,葡萄园,风景绿化区,试验站及实验室等)。此外还有墨尔本大学的农业工程及化学系,全澳科学与工业研究机构(CSIRO)所属化学工程及土壤两个分部(Divisions)。在参观访问期间,受到澳大利亚朋友们包括部分澳籍华裔的热情接待,听取了他们认真的介绍,使我们不仅在专业上有较大收获,而且也促进了两国人民与科学技术工作者之间的相互了解与友谊。

我国环境保护法(试行)已正式公布,当前全国上下在向四化进军中都关心环境保护问题,污水土地处理与利用联合系统的理论与实践为我国解决环境污染与水肥资源合理利用提供了新的途径。澳大利亚在这方面有比较丰富的经验,可供我们参考。

中国科学院赴澳污灌与环境考察组

一九七九年七月一日

高拯民(沈阳林土所)

黄银晓(北京植物所)

胡荣梅(南京土壤所)

吴燕玉(沈阳林土所)

刘期松(沈阳林土所)

目 录

前言

一、澳大利亚水资源概况	(1)
二、澳大利亚污灌与环境问题研究的主要经验	(2)
三、MMBW所属威里比牧场 (Werribee Farm) 污水处理与灌溉利用相结合的典型	(5)
四、其他几个利用改良污水灌溉的典型	(14)
五、澳大利亚污水工厂处理系统	(17)
六、澳大利亚污灌与环境几个主要方面的研究	(24)
(一) 土壤的研究	(24)
(二) 植物 (包括牧草、森林、农作物、蔬菜及草皮等) 的研究	(32)
(三) 微生物及病毒的研究	(41)
(四) 卫生的研究	(52)
(五) 环境及生态系统的研究	(56)
七、澳大利亚的几个主要水质标准	(57)
(一) 污水排放标准	(57)
(二) 污灌的水质标准	(58)
(三) 饮用水的水质标准	(64)
八、我们对污灌与环境问题的看法和建议	(68)
(一) 几点看法	(68)
(二) 几点建议	(69)

澳大利亚污水灌溉与有关 环境问题研究现况

一、澳大利亚水资源概况

澳大利亚位于南半球，面积768万平方公里，其中有297万平方公里处于南回归线以北（属于热带气候），其余为亚热带及南温带（图一）。年平均气温：北部27℃，南部14℃；年平均降雨量460毫米（世界年平均660毫米），在全国各地分布很不均匀，最低地区<150毫米；年蒸发量>年降雨量，最高年蒸发量可达3000毫米。全国河流大都是干枯的，只有很少河流常年有水。总的来看，水资源是影响澳大利亚国民经济和人民生活的一项重要因素。

这个国家现有人口1300万，其中72%集中在沿海地区六大城市：Canberra, Sydney, Melbourne, Brisbane, Adelaide 以及Perth。

澳大利亚是由六个州，二个直属区所组成的联邦政府。联邦政府主管全国邮电，国防，检疫，种痘以及税收等事务。各个州有很大的独立性，行使国家所赋予的权力。特别在水资源的保护与分配，污水的处理与利用方面，由州自己掌握，制定自己的法律。



图一 澳大利亚概况图

以维多利亚州为例，负责水资源问题的最高政府机构为水资源与供水部（Ministry of Water Resource and Water Supply），1975年正式成立，总协调MMBW^{〔1〕}与SR & WSC^{〔2〕}两个系统的全部工作；前者管理整个墨尔本城市的水资源保护，供应以及污水的处理与利用；后者管理墨尔本以外的全州水资源保护，分配以及污水的处理与利用。这两大部门都很庞大，现代化水平都比较高。

通过上述体制的建立，把全州有关水资源的保护，供应以及污水处理与利用等方方面面工作，进行统筹安排。在维多利亚州，现划分为几个大的重要水源保护区，满足各种需要。

凡是>200人的居民点就有单独供水系统，>2000人的就有污水处理系统。污水的处理基本上已普及到“二级”水平，处理后的污水被称为改良污水*^{〔3〕}，可以再利用。

在澳大利亚，由于各州的自然状况及经济发展很不平衡，对于改良污水的研究与利用，目前主要集中在维多利亚州（人口密度最大）及南澳州（最干旱）。

目前，在澳大利亚，对于改良污水的研究虽然已引起各方面的重视，但在实践中已被应用的只占总量的5%，由于种种原因，其中包括需要与可能两个方面，技术条件以及人们对改良污水的认识与接受程度等等，这种进展需要有一个过程。但总的说来，这种发展的趋势正在不断增长之中。

二、澳大利亚污灌与环境问题研究的主要经验

这个国家对污灌与环境问题的研究，特别在实际应用方面很有特色，有很多方面值得我国借鉴，现将他们在这方面的主要经验加以简要归纳如下。

（一）十分重视水资源的保护以及城市污水的处理与再利用。以维多利亚州为例：成立了州一级水资源与供应部，统一协调与指挥城乡水资源保护，水供应以及污水管理系统的全部工作。特别需要指出的是，这些管理水的职能部门同时也是州环保局的授权机构，按照对环境质量要求，负责审查、批准和监督所管辖范围各单位用水及污水的排放。

此外，值得注意的是新成立了“改良污水委员会”（Reclaimed Water Committee），由卫生部代表任主席。其他委员由州河流及水供应委员会，州首都墨尔本市政管理局，农业部，环境保持部以及全澳科学与工业研究机构的代表担任。组成名单如下：

Dr. W. N. Sloan	卫生部
M. E. Gilland	SR & WSC
W. J. Robertson	MMBW
R. H. Taylor	农业部
J. N. Mann	水资源与供水部
M. A. Smith	同上（技术秘书）
B. P. G. Mahon	环境保持部
Dr. B. Bolto	C.S.I.R.O

由以上阵容看，该委员会在学术上有较高的权威，负责讨论、研究、审议与污水处理及

〔1〕 墨尔本市政管理局

〔2〕 州河流及水供应委员会

*〔3〕 Reclaimed Water 改良污水，指城市污水经过一定程度净化处理后可供某些方面使用。

再利用有关的各种综合性、复杂性的问题，提供政府决策的合理化建议。

(二) 注意学习外国先进经验（特别向美国）的同时，十分强调与重视对本国经验的总结。例如：对污灌已有八十年历史的威里比牧场污水处理与利用相结合的系统，包括该系统对菲利浦海湾环境的影响，全面开展了大规模、深入系统的研究，并及时将阶段性成果通过报纸、电影等各种宣传渠道，向国内外介绍，获得国际好评，又推动了自己的工作。

1978年10月，国际水污染研究协会决定在墨尔本召开了“土地法处理与利用污水发展国际会议”，会后出版了40篇文章的论文专集，澳大利亚占了18篇，其特点是理论紧密联系实际，具有较高学术水平。

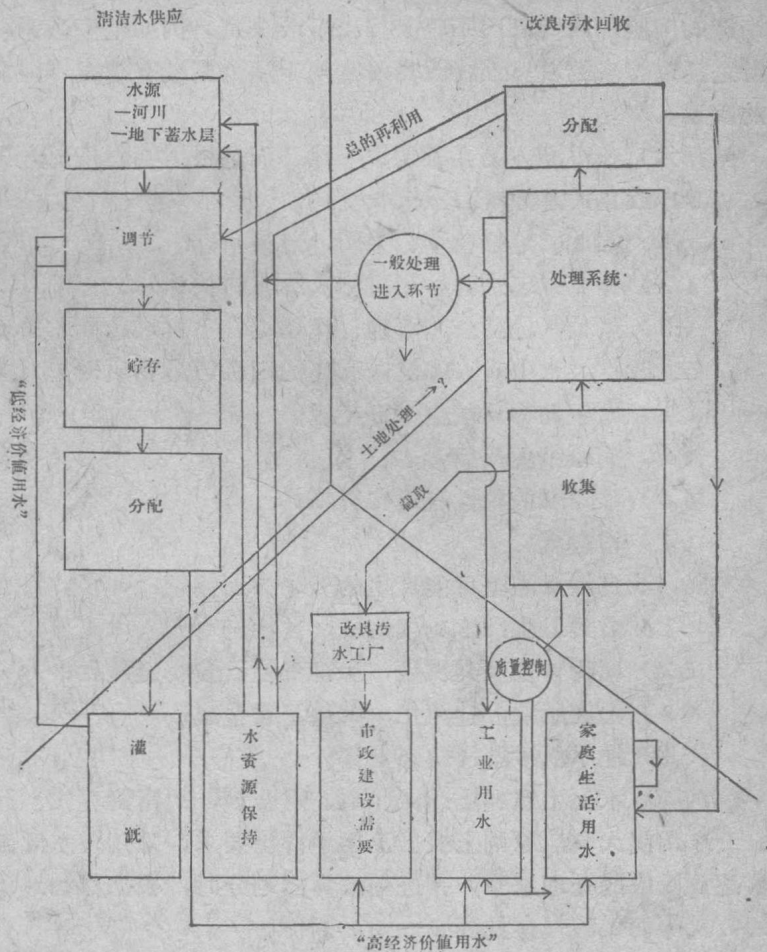
(三) 正确理解与处理清洁水、改良污水与水利用三者之间的辩证关系，而不是孤立地、片面地去看某一个问题，这是制定正确的水资源保护利用，特别有关改良污水再利用战略与策略的关键。

例如，在澳大利亚清洁水主要作为饮水水源，实行清污分流，对水源环境严加监督与保护。其他农业、工业、城市及日常生活用水，凡是改良污水可以代替清洁水的就尽量设法充分加以利用。负责规划与设计的工程师，特别从事污水处理的工程师，必须在工程设计书中要写上改良污水再利用的具体意见，否则上级主管部门将不予通过。

有关清洁水，改良污水与水利用三者关系，可参看（图二）。

(四) 在改良污水再利用方面，除了通常考虑充分利用水肥资源提高生物生产量和保护环境等目标之外，还十分注意研究通过多种途径因地制宜地利用改良污水，加速生物生产（包括森林、农副产品、水生植物等），并使其转化为沼气、甲醇、酒精等新的能源，以解决本国能源短缺问题。但这仅仅是处在试验阶段。以藻类为例，如何充分利用光能及污水中氮、磷等肥源方面，存在光周期的效应问题，在CSIRO内部还存在着学术上不同观点的争论。此外，关于自动收集及机械分离等技术，尚存在实际困难，有待进一步去解决。

(五) 在改良污水再利用的全部计划中，都注意到用实践和科学研究的结论作为权衡利



图二 改良污水、清洁水与水利用之间相互关系

弊、决定取舍的主要标准。凡是在实践中尚未得到证明切实可行或者科学研究尚未得到可靠结论的问题，政府部门不轻易作出行政决定。例如他们认为，改良污水再利用代替饮用水水源是遥远将来的事。而将改良污水用于灌溉则较有把握，因此，政府部门对此采取积极支持的政策。

（六）在污灌方面并不要求一律，而是根据不同情况，采取“区别对待”的方针。

1. 改良污水灌溉有三大类型：

- （1）农业（包括牧草、果园、蔬菜）；
- （2）林业（包括各种用材林及绿化防护林）；
- （3）风景（包括公园草地、运动场、飞机场、高尔夫球场以及公路两旁）。

2. 改良污水中对人体健康有害的四种污染物质研究对象：

- （1）原生动物及蛔虫等寄生虫；
- （2）病原细菌及病毒；
- （3）难降解的毒性有机化合物；
- （4）重金属。

3. 改良污水灌溉可能产生的五个方面问题：

- （1）公共卫生：水、气溶胶，食物链对于人体直接或间接影响，重点是饮水水源；
- （2）植物特征及其反应，生理毒性，食物链残毒；
- （3）土壤影响，盐渍化，碱化，重金属；
- （4）地下水污染：硝态氮等；
- （5）水生生态环境：氮、磷、重金属，“富营养化”问题。

4. 澳大利亚原则上根据卫生学评价要求，采用污水灌溉A、B、C三级水质标准，要求达到相应的处理水平，在进一步具体划分时，根据作物对象，灌溉方法，环境条件以及食用方式等而定。（详见表2—1。）

表2—1 澳大利亚污水灌溉与处理三级分类

改 良 污 水 灌 溉 对 象	处 理 水 平
A组 1. 棉花等非人类直接消费的作物； 2. 谷粒、甜菜、糖甜菜等人类消费前经加热处理或烘干后再食用； 3. 制备罐头的蔬菜、水果； 4. 经干燥处理的饲料作物及其他饲料； 5. 围栏区无公众接近的风景区（苗圃及森林）。	传染病对人群的传播 在此情况下可忽略不计，一般不会产生严重危险。 — 必须除去污水中粗悬浮体以除去寄生虫卵。 良好的初级沉淀是最低要求，采用二级生化处理则更好。
B组 1. 牧草及绿色饲料作物； 2. 葡萄及人消费的作物（滴灌或表层漫灌）； 3. 土豆苏子等烹煮后食用的作物； 4. 柑橘，香蕉，花生等果皮不食用的食物；	有可能发生传染病对人体的传播 — 最低要求二级生化处理，消毒；80%试样中大肠杆菌100/100毫升；建议采

5. 有公众接近的风景区（高尔夫球场，公园，灌溉后十二小时有人接近）；	用多级氧化塘。
6. 各种喷灌作物（离居民区或其他公众接近区例如公路至少100米以外）。	
C组	
1. 供Salad用的新鲜蔬菜（莴苣，蕃茄，胡萝卜）或喷灌的水果；	病原菌可能沾污作物与土地，能生存很长时间，引起人的传染病； — 要求采用二级以上高水平处理（包括高级氧化塘）保证去除细菌及病毒。
2. 喷灌期间有公众接近的风景区，喷灌区有围栏，湿润区15米内无人；	
3. 各种作物喷灌，100米内有居民或公路，公园，15米湿润区内无人。	

〔注〕1. 本标准重点考虑生物污染因素，对食物链化学污染考虑较少；
2. 未考虑灌区水源的污染。

三、MMBW所属威里比牧场（Werribee Farm） 污水处理与灌溉利用相结合的典型

威里比牧场从1897年起就担负着墨尔本市污水的处理任务，MMBW机构于1891年正式成立，经过不断的扩充与发展，由小到大，由简到繁，形成今天具有一万公顷土地的污水处理与灌溉利用相结合的系统。（图三和照片1—12）。

随着墨尔本市工业发展，人口增多（现在已有260万），原来的威里比牧场处理污水的容量已接近饱和，在此情况下，MMBW决定在墨尔本的东南建立一个大型现代化的污水处理厂（即SEPP），其日处理量目前已达29万吨，1980年可达58万吨。

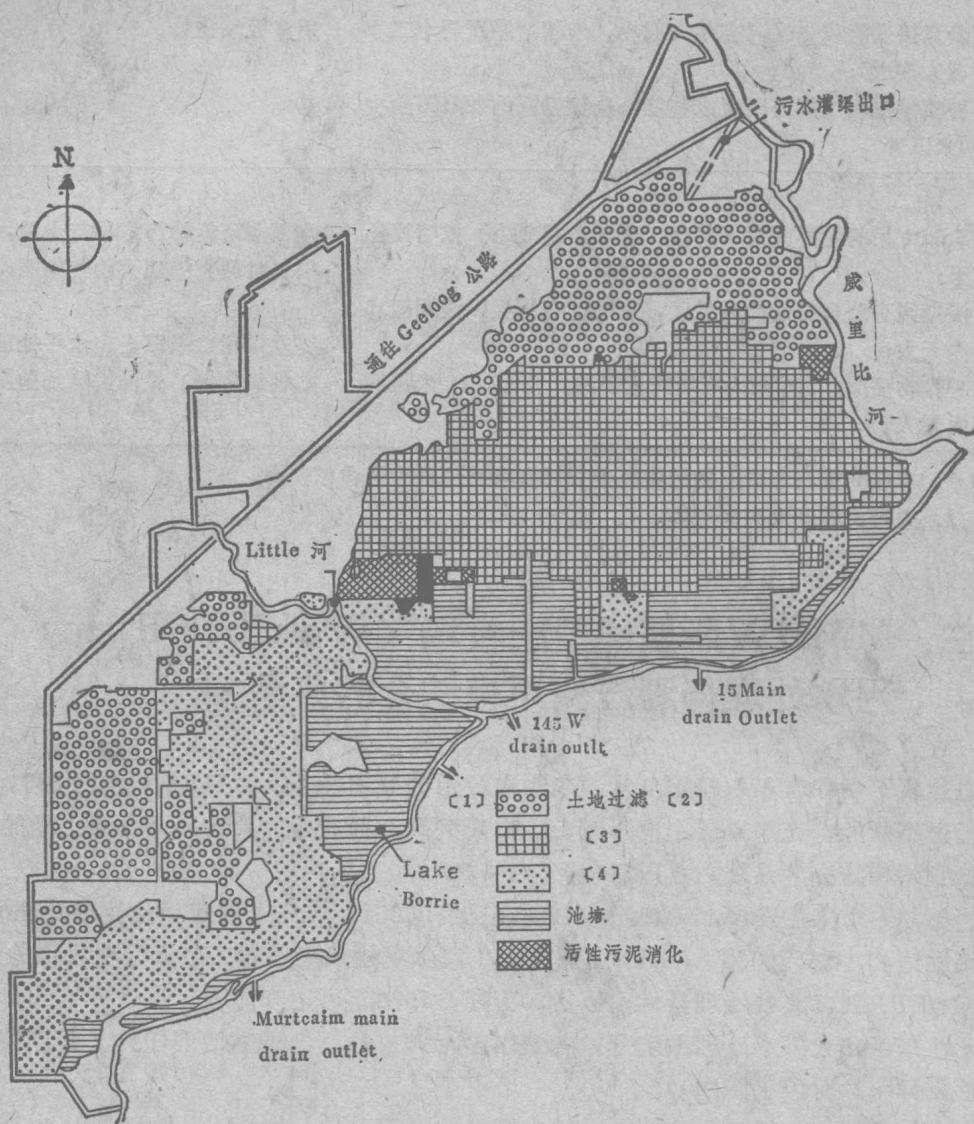
从此，东西二大污水处理系统分担着墨尔本市排放的全部污水处理任务，各自发挥其作用并且形成鲜明的对照（图四）。

据澳大利亚朋友们反映，这两大系统是互为补充而非彼此取代。SEPP被认为是南半球规模最大的现代化程度最高的污水处理厂之一，有值得骄傲的地方，但他们更为引以自豪的还是传统的威里比牧场，并且尽力给予现代化的内容。由于接受环保局监督，要保护下游地区菲利浦海湾的水系和生态系统免于污染，因此采用各种有效措施，包括更新牧草植被、翻耕与平整土地、增加土地的污染负荷量、改造排灌系统等等，目前工程正在紧张地进行着，看来，随着对环境质量提出更高的要求，这个系统更加富有生命力。

关于SEPP，留待以后再介绍，下面先讨论一下威里比牧场的过去、现在和将来：

（一）**地理位置** 位于墨尔本西南35公里威里比河三角洲，界于墨尔本—吉隆（Geelong）两城市之间，北跨公路，南临Port Phillip Bay海湾（见图四）。

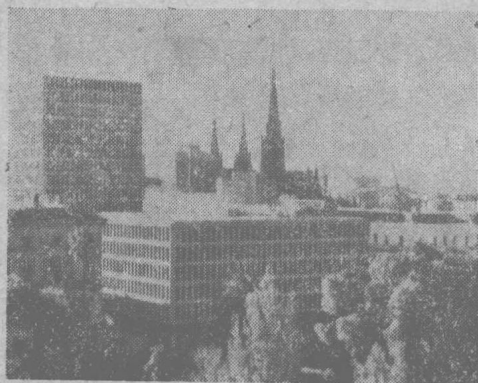
（二）**历史回顾** 1897年开始处理墨尔本污水时，只有3580公顷土地，其中515公顷用于处理，其余租给当地农民放牧并种蔬菜。1900年MMBW收回土地，用来冬季处理污水，夏季在这些土地上放牧。为了增加处理容量，从北部又不断扩充新的土地。1927年建立第一个提水站（即1号泵站），把污水提升到过去不能灌的较高地方。1920年以后，发展西部Little river地区，1930年建成西部灌渠。1938年在一号泵站附近建造了控制闸门以调节西部



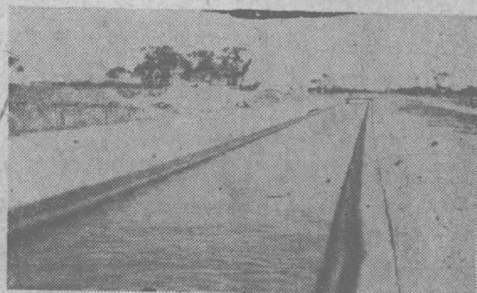
图三 威里比牧场污水处理系统平面分布图

〔1〕Lake Borrie Outlet, 〔2〕提水灌区, 〔3〕土地过滤(自流灌区), 〔4〕牧草过滤。

图中涂黑部分为上清液池塘; 空白处为土地过滤(提水或自流灌溉)



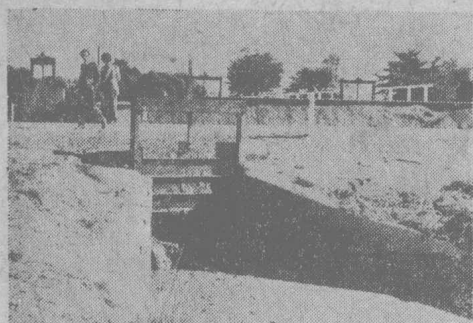
照片 1 墨尔本城市



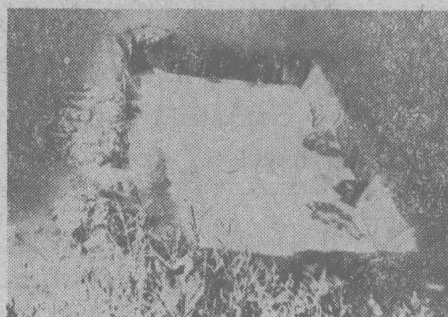
照片 3 墨尔本-威里比牧场原污水干渠



照片2 SEPP空中摄影



照片4 威里比牧场沉淀池污泥排放口



照片5 池塘溢流



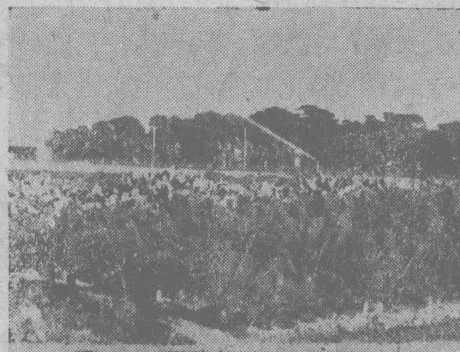
照片6 威里比牧场池塘系统



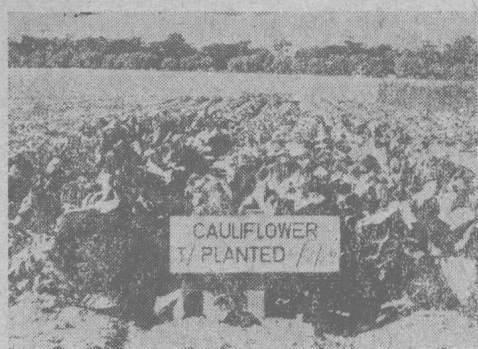
照片7 威里比牧场污水土地过滤法系统



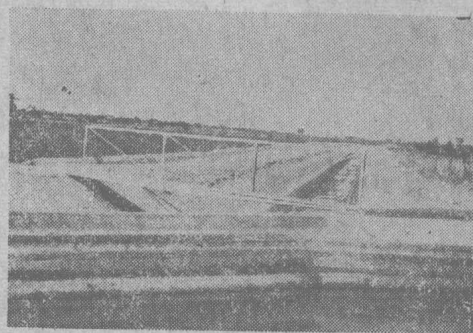
照片8 威里比牧场污水牧草过滤法系统



照片9 威里比牧场利用二级处理改良污水喷灌试验



照片10 威里比牧场利用二级处理改良污水灌溉试验



照片11 威里比牧场排干渠

西区的灌溉用水。第二号泵站于1951年建成，灌溉Little River以西高地。

牧草渗透法于1930年开始采用，处理冬季污水；氧化塘于1937年开始采用，处理每天的高峰污水流量以及在湿润气候下，对超过土地或牧草渗透法的流量加以处理。

(三) 气候条件

1. 雨量及蒸发量：平均年雨量（84年平均）为488毫米，蒸发量（五年平均）为1456毫米。雨量分布较均，冬季较多。

2. 温度状况：温度从未低到完全阻碍植物生长，但在冬季，苜蓿或三叶草之类生长比较迟缓。霜冻可能发生在4—10月，但由于临近海湾，并不严重。平均月最高温由夏季25℃至冬季13℃，相应的平均月最低温为13℃及5℃。

3. 阳光：每天阳光在12—1月为最长，平均每天8小时左右；在6月分最短，平均每天4小时，年平均每天为6小时。

4. 风向：主要风向为西南—西北，冬季经常刮北风，当刮南风时，平均风速为每秒10海里。

(四) 地质条件

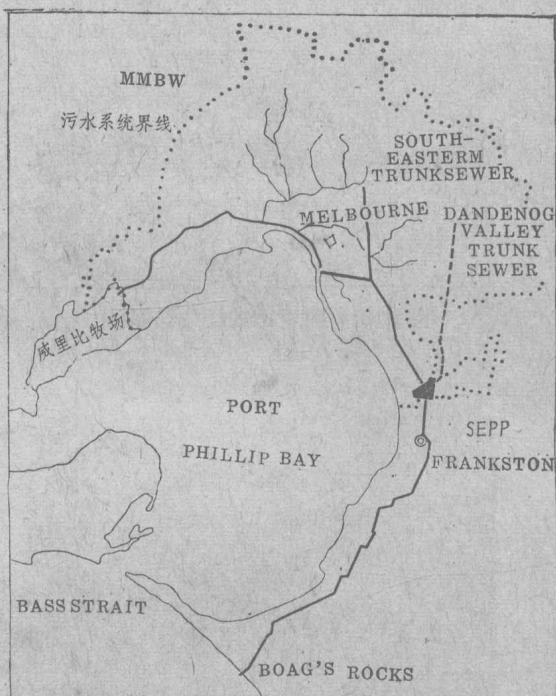
威里比牧场正处于菲利浦大陷落带的西部，母质主要由玄武岩及三角洲冲积沉积物两大部分所组成。

(五) 土壤类型

主要有三种类型：



照片12 威里比牧场野餐及休息场所



图四 MMBW污水系统

1. 河系三角洲沉淀物发育的土壤；
2. 玄武岩片状流母质发育的土壤；
3. 玄武岩舌状流母质发育的土壤。

澳大利亚土壤普遍缺磷，一般需要用飞机往放牧草场撒磷肥，但污灌区土壤不再需要追加磷肥。

（六）地下水

玄武岩发育的土壤地区：土壤渗透性很低，一般无表层水补充地下水。土地渗透法地区地下水位离地表1米以下。地下水中可溶性盐分浓度大约为5000毫克/升。

在冲积土地区，在灌溉季节地下水上升至高峰，冬春下降至最低。总的地区平均地下土层深度离地面1米以下，北部地区在灌溉季节离地面6米以下。地下水平均总可溶性盐分为2700毫克/升。

（七）污水处理的过程

根据季节及污水流量的变化，采用下列三种方法（见图五）：

1. 土地过滤 (Land Filtration)

在10~4月间，正值夏秋生长季节，对永久牧草地进行灌溉，每次灌18天。

一般在灌溉前，污水需经过沉淀池处理。灌溉前牲畜必须离开场地，待灌溉完毕并干燥后方能进行放牧。

灌溉水量必须加以调节，使土壤能很好吸收它们，要避免地面洼处积水成塘以造成嫌气环境杀伤植物。平均每次灌水量为10厘米左右。

灌溉水含 Cl^- 量为400ppm，保持上述用水量可使下渗运动正常进行，防止盐渍化发生。灌溉水进入田块后（不论是规模多大的梯田或阶地）都必须筑起土埂，以避免灌溉地面的水直接进入排水渠中。

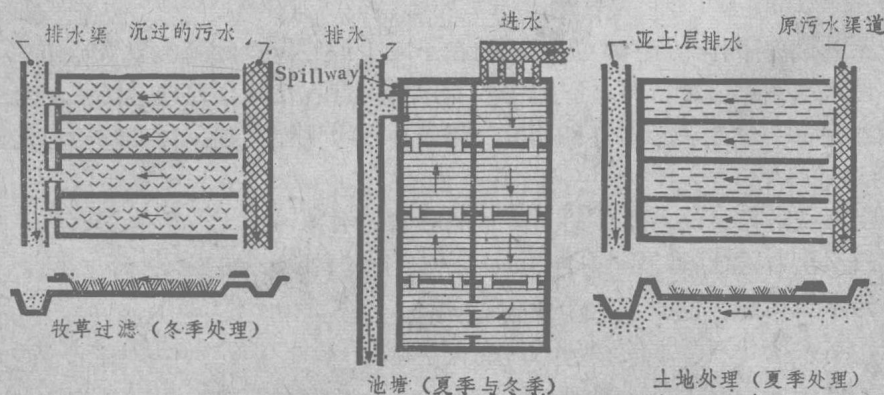
在整个地区，每隔10个支间隔设一条深度为1.2米—1.8米的明沟排水渠，收集由地面下渗的水，排入海中。排出水洁净，无色，无臭味。

2. 牧草过滤 (Grass Filtration)

此方法在5月——9月，当蒸发量小时，土地渗透法不能采用的时候可以发挥作用。

采用本方法的地区土壤比较粘重，水的下渗作用这里显著不重要，田块可以延伸到360米长，播种意大利黑麦草。

正常灌溉在二、三月进行，催促牧草生长，四月份此草可达数厘米高。



图五 威里比牧场污水处理系统流程图

在此阶段，一股小量的连续性经过沉淀的污水流入每一个田块，于是细菌群体开始增长起来。二至三周后，流量率增至每天每公顷180方，一直保持到春季结束之时为止。

在水分达到的田块其表层可能出现某些悬浮固体的沉淀物，因而得到嫌气性环境，当好气性生物过程开始前会延伸到田块下面的某一定距离。

此过程的排出水为淡棕色，这是由于被植物浸染的结果。

十月份，此方法结束，又被土壤渗透法所替代。该地区进行干燥，意大利黑麦草结成种子。此阶段，可以把牛放进去以利用干草的饲料价值。牧草种子掉入土中，等到下雨或秋灌时发芽，以提供来年冬季的使用。

3. 池塘 (Lagoons)

池塘用来处理每天高峰流量以及全年的湿润气候条件下的流量。

它们包括8~10个排列成一连串的池子，各池子的面积为4~8公顷，每组池塘除第一个深度达二米以供蓄积污泥之外，其余均为一米左右。在第一个池子中挖掘二米深沟渠，以使用水泵将污泥抽出来。

池塘建筑在邻近海滨的低位沼泽地区，那里没有生产价值。它们所处位置比土地过滤及牧草过滤系统要低些，因此不能贮存污水以补充这些地区。

土壤在淌水的一方具有5—1个坡，用一层15厘米厚的碎石，以水面为准，上下延伸达22.5厘米，目的是为了土壤免受侵蚀的影响。

经过沉淀或未经沉淀的污水从一个明沟渠通过多入口进到第一个池子，停留的时间需要数天。

从一个池子排入下一个池子的水经过小型溢道口，此处装有浮渣挡板，以防止漂浮的物质跑出去。

水经过各个池子，需要60—70天，才能到达最后的排水口。

污泥消化在第一个池中可以引起气体的产生与轻质物体上升，其中有些可以被带进第二个池中。

每一个池塘组合的第一个池子应用负荷大约为600公斤BOD*/公顷/每天（冬天）和760公斤BOD/公顷/每天（夏天）。这意味着最初二至三个池子通常为嫌气性的，以后逐渐变为好气性的阶段。

整个系统总的负荷冬天为68公斤BOD/公顷/天，夏季为110公斤BOD/公顷/每天。

在好气性池中藻类正常繁育滋长——普通的类型为 *Chlorella* & *Euglena*，它们使水变成浅绿色。

采用一系列的池子作为组合，其优越性在于减少最终出口的藻类数量，阻挡湿润气候的流量通过，使水流顺利通过，并且能把一些固体物保留在离排出口较远的一些池中。

主要缺点是第一个池子受到负荷过重，因而导致嫌气性过程，虽然同时也能获得高效率去除BOD的结果。

夏季，当系统的容量随着温度的升高日照时数的增加而增大，后边那些池中有机负荷减少以后有较多生命的生物，例如 *Daphnia* 及 *Rotifera* 的出现。

（八）污水负荷量

目前止，本系统处理污水的总日流量为44万吨，污水中平均 BOD₅* 为570毫克/升，

* BOD——生物耗氧量。

表3—1 进入威里比牧场处理系统的污水成分分析

参 数	毫克/升	参 数	毫克/升	参 数	毫克/升	参 数	毫克/升
BOD (生化耗氧量)	570	MBAS	3.6	色度 (Pt/Co单位)	300	Pb	0.30
SS (悬浮固体)	620	Cu	0.35	pH值	6.9	Hg	0.003
VSS	510	Cr	0.40	全 氮	56.2	Ni	0.15
TDS (总溶解性固 体)	1200	Cd	0.015	全 磷	9.0	Zn	0.80
TOC (总有机碳)	360	Fe	3.3	E.Coli(orgs./100ml)	5.5×10^6		

SS为620毫克/升。其他成分详见表3—1。

污水的组成:

按水量负荷计算, 30%为工业污水, 70%为生活污水; 按BOD₅负荷计算, 70%来自工业污水, 30%来自生活污水。

(九) 污泥的消化和处理

目前有20%以下的原污水未经预处理就直接送到田间进行土地过滤, 在此场合污水中固体物分解为腐植质及植物营养物质, 在不同地区变为土壤的组成部分, 除了使牧草生长良好以外, 未证明有其他问题。其余(80%)的污水均通过浅水沉淀池或池塘加以沉淀。

沉淀池每周要掏空一次, 将有关污泥经过多入口送到深度为3.0—3.6米的消化池塘中。固体物长时期保留在深池子中, 通常为一二年之久, 慢慢进行消化, 池子上部澄清液依靠重力作用返回到沉淀池中。经过消化后的污泥靠重力作用取出来, 通过控制排放口流至指定地区进行干燥。消化池塘表面发展一层很厚的浮渣, 它使臭味及其他的公害减少到最低限度。

污泥经干燥后可用作填料或贫瘠地区的土壤改良剂。

(十) 畜产品及畜牧业

威里比牧场现有牛22,000头, 全年放牧, 有羊50,000只, 春夏季进行育肥。

卫生部十分注意污灌地区牲畜的寄生虫病问题, 有一种叫牛肉麻疹(beef measles), 由于牛放牧时吃了绦虫(Taenia saginata)的卵, 进入动物体内的囊胞(Cysticercus bovis), 使牛得了这种病。奇怪的是此病对动物本身健康无影响, 对其他动物或人也不会传染。在六个月内, 此囊胞死亡并进行钙化, 动物便获得免疫性。

如果带有活囊胞病害的牲畜进行了屠宰, 此病也可通过烹煮或冰冻加以消灭, 但若被人生吃了这种含有活囊胞病害的肉类, 可能会发生绦虫病。

根据上述情况, 卫生部门对牲畜进行了严格的检查, 发现威里比牧场肉牛的淘汰率只有0.02%, 几乎与其他地区的情况完全一样。

(十一) 牧场的管理

现有328名工作人员, 其中污水处理操作系统100人, 农牧业66人, 建筑与维修63人, 工场及商店55人, 技术人员与行政44人。

工作人员绝大多数都住在牧场外的城市和乡村。牧场的经营水平较高, 例如所有渠道木材制成的闸门都经真空加压和化学处理, 保证使用几十年不变质。

(十二) 本系统各类污水处理方法的净化效果

本处理系统对BOD, SS的净化效果都很高, 但对重金属, 尤其N、P等净化效果则较低, 这说明处理系统还存在一些薄弱的环节, 有待进一步的改进, 现将有关结果综合于表

表3—2 威里比系统各类污水处理方法净化效果

处 理 方 法	占 年 处 理 量 的 %	污 染 物 质 去 除 率 %				
		BOD	SS	重 金 属	全 氮	全 磷
土 地	26	98	97	90	85	80
牧 草	37	96	95	75	25	10
池 塘	37	94	85	75	55	15
各类方法综合	100	96	92	80	52	30

〔注〕 池塘中BOD、SS主要以藻类形式存在。

污水中重金属通过沉淀作用，有机物质（包括污泥）及土壤胶体的吸附作用，接着被植物吸收，进入动物体内。分析与统计结果表明：土壤中重金属累积量（60%在0—10厘米土层中），与历年来的污灌量大体上成线性关系。牧草中重金属含量与土壤重金属累积量也呈正相关性。但食牧草的牛，它们肝与肾脏中重金属水平并没有随着牲畜的年令而增高。仅管牧场污灌区牛的肝、肾中重金属含量一般高于牧场非污灌区，但却比牧场以外其他的牛体内同样组织器官中重金属含量要稍稍低些。

由于金属之间相互作用的复杂性，因此，很难简单地得出土壤—植物—牲畜组织内重金属含量相关性的结论。例如，牧草中Cu的含量可能较高，但在食用此类牧草的动物组织中却不一定反映出来。

（十三）生态学的研究

原来很少树木，现已栽树60,000棵，保护牲畜，美化风景。树种主要为澳大利亚本地种：Eucalypt Gums, Wattles, Paperbarks, 还有外来的Oaks, Poplars, Conifers & Elms等。牧场南部从威里比河提水灌溉蔬菜，北部村区主要放牧及种粮食作物，属于干旱农业，无灌溉条件。氧化塘及灌区以及海湾沿岸大约有200多种鸟类，这是保持生态系统相对平衡与和谐的重要标志之一。

（十四）保护菲利浦海湾

菲利浦海湾是澳大利亚一个重要的风景游览区，同时又是重要的资源。维多利亚州环境保护部把它列为重点保护对象，在1968—1971年组织了大规模综合性的调查研究，1974年出版了第一阶段的科学研究报告。现在继续第二阶段的深入研究。

维多利亚州政府把此海湾划分为九个分区，每一个分区都有自己特殊性的用途，对水质要求也不相同，要求在1982年7月达到下列预定的环境目标：

- （1）维持与保护水生生态系统及野生动物；
- （2）维持与保护海岸，海滨及野生植物；
- （3）风景优美；
- （4）船，鱼及游泳等人所需要的娱乐；
- （5）通航；
- （6）工业用水。

根据上述目标，环保局对来自威里比牧场的排出水要求越来越高，例如：

- （1）溶解氧不得小于饱和度的90%或6毫克/升；
- （2）防止富营养化的产生，进一步降低N、P的水平；

表3-3 规定厂矿排放重金属进入墨尔本污水系统的水质标准(毫克/升)

金 属	类 别		
	1	2	3
Cd	30	10	2
Cr	30	10	5
Co	30	10	5
Cu	30	10	5
Fe	30	30	30
Pb	30	10	5
Mn	30	10	5
Hg	2	2	0.05
Mo	30	10	5
Ni	30	10	5
Ag	2	2	2
Sn	30	10	5
Zn	30	10	5

类别 1

西部系统 1977/79.

类别 2

东部系统 1977年以后

西部系统 1979年以后

全部新工厂

类别 3

小型处理厂的流域

(十六) 威里比牧场进行新的试验

这几年来,威里比牧场利用污水的二级生化处理的中间工厂,进行了二级处理后改良污水灌溉具有更高价值的经济作物研究,其内容包括:

1. 林业:

经过引起不同树种进行污水灌溉试验,发现某些 Eucalypt 桉树生长良好,可以发展高密度的生长森林。

2. 农业:

表3-4 州环保局规定威里比牧场分区排放污染物质及重金属的水质标准

(a)

排 出 口	限定流量 (米 ³ /天)	BOD ₅ (毫克/升)	SS (毫克/升)	排 出 口	限定流量 (米 ³ /天)	BOD ₅ (毫克/升)	SS (毫克/升)
15E	131000	50	55	Murtcaim 总排渠	211000	55	115
145W	138000	55	115	Little河(冬天)	54000	35	40
Borrie湖	80000	50	140				

EPA规定Werribee农场排放标准之一(以离排放口半径为2公里的混合区为取样标准)

(3) 严格控制重金属进入海湾,从长远看,要求把重金属消灭在污染发生的源地,但这需要时间。从当前出发,已制定出严格控制重金属的排放标准,首先对厂矿部门提出要求,控制重金属进入MMBW污水系统(见表3-3);在此基础上,进一步对威里比牧场也提出了分区重金属排放标准(见表3-4),通过这两方面努力,海湾的重金属污染将基本得到控制。

(4) 细菌,用E. Coli作为污染指标,要求从威里比牧场污水处理系统排出的水中该项指标必须<1000个/100ml,同时在20%试样中,该项指标不得>2000个/100ml。

(十五) 环境经济学的分析

威里比牧场购买土地以及其他基本建设投资约为一亿澳元,据说建设一个处理容量相当的工厂需要投资二亿澳元。

从目前状况看,威里比牧场处理一吨污水的净费用为0.024澳元,SEPP则需要0.100澳元。另外,从消耗能源方面进行比较,威里比牧场处理一个单位的BOD₅的能源消耗量只有SEPP的45分之一。

当然,这是很简单的类比,实际上,要进行全面的估计与运算,才能作出更确切的环境经济学评价。

(b)

重 金 属	现在EPA 规定标准 (毫克/升)	农 场 排 出 口 规 定 浓 度 (毫克/升)				
		15 E	145 W	Little河 (冬天)	Borrie 湖	Murtcaim 总 排 渠
Cd	0.01	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003
Cr	0.15	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07
Cu	0.10	0.035	0.04	0.025	0.04	0.06
Fe	1.0	1.0	1.4	1.8	1.4	2.6
Pb	0.1	0.03	0.03	0.02	0.025	0.025
Hg	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Ni	0.15	0.07	0.09	0.05	0.09	0.08
Zn	0.25	0.12	0.12	0.08	0.11	0.15

EPA规定Werribee农场排放标准之二 (以离排放口半径为0.2公里的混合区为取样标准)

向日葵等油料作物生长良好，冬播大麦也很好。但夏播作物的种子成熟度及收获有困难。蔬菜生长茂盛，产量很高，但病毒等问题有待进一步研究。

3. 动物健康:

已发明采用疫苗及化学疗法，可以使牛产生对牛肉麻疹的免疫作用，抵抗条虫卵的挑战。

4. 喷灌:

用二级生化处理过的经过氯化的改良污水喷灌种蔬菜，由于在小范围进行，未发现有气溶胶的问题。

(十七) 未来的研究计划

随着工业的发展以及城市人口的增长，迫使威里比牧场不得不考虑未来的研究计划，其着重点有以下三个方面:

1. 完成州环保局提出对保护菲利浦海湾环境质量的要求;
2. 最大限度地利用牧场本身的净化能力，少消耗能源，节省开支，多处理污水，增加收入;
3. 消除大气中臭味。

在未来的研究项目中，包括:

1. 提高半自动化的程度。
2. 增加每一个处理系统的污染负荷量，例如土地过滤系统，让污水最大限度下渗，通过土壤—植物系统的生物过滤作用达到净化目的。保证无剩余的地面逕流直接到达排水渠去污染海湾的环境。此外，牧草过滤系统以及池塘也要从改善结构，提高污水的净化功能。
3. 严格控制重金属的污染。
4. 根据进入污水系统的水量、BOD5及SS等综合指标，确定收费标准。
5. 增加初级沉淀与污水处理系统，满足今后长远的需要。

四、其他几个利用改良污水灌溉的典型

在澳大利亚，除了重点参观访问威里比牧场之外，还考察了其他一些中小型的利用改良